GUÍA PARA LA ASIGNATURA DE
PROYECTO DE INSTALACIONES
(0)

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN

por

FRANCISCO GALLEGO PUERTAS
PILAR OTEIZA SANJOSÉ



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE ARQUITECTURA DE MADRID*

2-84-05

GUÍA PARA LA ASIGNATURA DE
PROYECTO DE INSTALACIONES
(0)

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN

por

FRANCISCO GALLEGO PUERTAS
PILAR OTEIZA SANJOSÉ

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-84-05

C U A D E R N O S
D E L   I N S T I T U T O
J U A N   D E   H E R R E R A

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

TEMAS

1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN
0 VARIOS

Guía para la asignatura de Proyecto de Instalaciones (0).
Procedimientos de cálculo para el Proyecto de Climatización

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Gestión y portada: Alba Peña Fernández
CUADERNO 440.01 / 2-84-05
ISBN-13 (obra completa): 978-84-9728-516-2
ISBN-13: 978-84-9728-517-9
Depósito Legal: M-5156-2015

ÍNDICE

Introducción, 3

Memoria del proyecto de climatización, 4

Cálculos y dimensionamientos, 4

Planos, 5

Procedimientos de cálculo, 6

EMISORES DE ENERGÍA, 6

- Radiadores y superficies radiantes, 7
- Fan Coil o ventiloconvectores, 11
- Rejillas, difusores y toberas, 12

DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS CALOPORTADORES, 15

- Cálculo de tuberías de agua en circuito cerrado, 16
- Cálculo de tuberías de agua en circuito abierto, 17
- Cálculo de conductos de aire en circuito abierto, 18
  - Método de la pérdida de carga constante, 18
  - Método de la recuperación de la presión estática, 21
- Máquinas hidráulicas, 23
  - Bombas y ventiladores, 23

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA, 25

- Máquinas térmicas, 25
  - Calderas, 27
  - Máquinas frigoríficas, 28
  - Equipos auxiliares, 29
- Unidad de Tratamiento de Aire (UTA), 29
  - Operación, 30
  - Parámetros de diseño, 31
  - Cálculo de la UTA en tiempo cálido, 32

Introducción

Los Proyectos de Instalaciones de un Edificio no son, ni pueden ser, simples ideas.

Deben de ser un plan[1] concreto para la ***ejecución material*** de cada una de las Instalaciones, que incluya la especificación concreta y unívoca de:

- los elementos[2] necesarios y suficientes para cumplir *justificadamente* su función,
- la disposición y situación, de estos, en el edificio
- la prueba y puesta en marcha de cada elemento, y del conjunto, de la Instalación.
- la regulación y control de su funcionamiento y el necesario mantenimiento preventivo.

Este plan concreto debe, ***necesariamente,*** incluir:

- **Memoria:** misión**,** objeto y alcance, y funcionamiento de la instalación planeada
- **Cálculos y Dimensionamientos:** justificación y elección de sus elementos
- **Planos**: identificación de componentes y contextualización
- **Presupuesto de Ejecución Material**: detallada valoración económica
    - **Planning:** alcance temporal de la ejecución
    - **Pliego de Condiciones Técnicas:** alcance material
- **Pliego de Condiciones Legales y Administrativas:** condiciones legales y económicas de ejecución, recepción y puesta en marcha del plan.

Es objeto de este Cuaderno –junto a los anteriormente publicados *Calidad del Aire y Climatización, Hidráulica y Aeráulica y Máquinas y Sistemas Frigoríficos* - ofrecer una metodologia sencilla para la elaboración del Proyecto de Climatización donde se incluyen los procedimientos prácticos considerados imprescindibles.

El Proyecto de Climatización –que es una parte del Proyecto de Instalaciones- se corresponde y coordina con el buen fin de las asignaturas que participan en el último curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura, por ello en este *Cuaderno* nos limitamos a desarrollar los tres primeros apartados o capítulos propuestos: **Memoria, Cálculos y Planos** ya que los **Presupuestos y Pliegos** son adecuadamente expuestos en la asignatura de **Arquitectura Legal.**

[1] Plan: programa detallado de la realización de una cosa, y conjunto de medios para llevarla a cabo.
[2] Máquinas, equipos, conducciones y accesorios.

Memoria del Proyecto de Climatización

La Memoria debe desarrollarse atendiendo a:

- La ***Misión*** de la Instalación; que, en Climatización, es asegurar que los usuarios de los edificios puedan desarrollar su actividad sin esfuerzo térmico. Se deberá hacer, en su exposición, referencia explícita de la actividad que se desarrolla en los recintos habitados de los edificios climatizados y de las condiciones en que debe desarrollarse.
- El ***Objeto*** del Proyecto será elegir, dimensionar y situar en el edificio las instalaciones necesarias para alcanzar y mantener, *en todo momento,* las condiciones de ***calidad del aire y confort higrotérmico*** idóneos para cumplir ***la misión*** de la Instalación

  Se debe justificar la idoneidad y oportunidad de la elección del sistema y métodos de cálculos; tanto desde el punto de vista teórico-científico como desde su adaptación a la normativa y puesta en obra de sus componentes.
- En el ***Alcance*** del Proyecto se establecerá el grado de cumplimiento de la ***misión*** que se compromete obtener con la ejecución material del Proyecto.

  Establecerá *inequívocamente* todas y cada una de las partes, componentes y accesorios; *que se consideran necesarios* para garantizar *continuamente* su correcto funcionamiento, teniendo en cuenta la necesidad de ahorro de energía y la protección del medio ambiente.

Consecuentemente, el proyecto de Climatización debe de incluir *objeto y alcance* de, al menos, tres instalaciones:

- **Ventilación**
- **Calefacción**
- **Refrigeración**

Metodológicamente, la Memoria de Climatización deberá incluir, o desarrollar separadamente, Memorias de cada una de las Subinstalaciones que la completan; en general, al menos, las tres anteriormente relacionadas.

Cálculos y dimensionamientos

El *objeto* de este capítulo es:

- exponer los métodos de cálculo reconocidos -y/o procedimientos específicos considerados- para el dimensionamiento de los componentes de cada una de las instalaciones.

- presentar los cálculos de los procedimientos anteriores, aplicados al edifico proyectado.

El *alcance* de los cálculos será, al menos:

- la especificación unívoca de las *caracteristicas y dimensiones* de los componentes
- la *ubicación* de cada equipo y componente en el edificio,
- el *recorrido real* previsto en la distribucción del servicio que la instalación presta.

Los procedimientos de cálculo, dimensionamiento de los componentes y recorrido de la instalación se referirán a su doble condición de pertenencia -ya desarrollada en los cuadernos anteriores- según:

- La Subinstalación a la que sirven: **Ventilación, Calefacción y Refrigeración**
- El Bloque en el que se integran**: Producción, Distribución y Emisión**

Metodológicamente, se expondrán los procedimientos por Bloque y Subinstalación; de acuerdo con los métodos contenidos en el CTE, normativa UNE y para uso No Residencial.

- **Emisión de energía:** según el fluido de transporte elegido
- **Distribución de energía:** incluirá los equipos que impulsan el fluido de transporte
- **Producción de energía:** incluirá los equipos de transferencia al fluido de transporte

El uso Residencial/Vivienda es un caso particular de la Climatización en el que:

- la ventilación debe proveerse de forma específica y tasada
- la calefación es obligada, pero no, así, el enfriamiento del ambiente.

Planos

Son la representación gráfica normalizada y acotada de la instalación en su contexto: **el edificio**.

Su objeto es fijar el criterio del proyectista en cuanto a la ubicación, situación relativa y montaje de los elementos de la instalación, así como el trazado y recorrido por el edificio. Definen, junto al presupuesto, el alcance económico de la ejecución material de la obra.

Su alcance será mostrar inequívocamente que el desarrollo de la instalación en el edificio es: ***constuctivamente posible,*** aportando detalles de soluciones locales conflictivas incluyendo una representación axonométrica que visualice de forma

completa la instalación, la situación relativa de sus componentes y la dirección de flujo en su recorrido.

Deben incluir:

- **Esquemas de principio**: representación –preferentemente axonométrica- completa de la instalación que permita visualizar la situación relativa de sus componentes –entre sí y respecto al edificio- y la dirección de flujo en su recorrido.
- **Planos acotados de la instalación:** en cantidad variable, deben representar exhaustivamente los elementos prescritos, con sus dimensiones y especificaciones caracteristicas. Las representacioes deben incluir referencia acotada del edificio
- **Detalles constructivos:** los necesarios para su correcta ejecución material

Procedimientos de cálculo

En Cuadernos anteriores y, en cualquier caso, en cursos anteriores se habrán adquirido conocimientos y habilidades de cálculo referidos a:

- **Cálculo de la Demanda Energética del edificio y sus recintos**
- **Clasificación y composición de los Sistemas de Climatización**
- **Normativa de aplicación para la Climatización de Edificios**

Son indispensables estos conocimientos –el dominio de los dos primeros item y el conocimiento práctico del tercero- para un útil uso de este cuaderno.

La secuencia de presentación de los procedimientos se establece según el orden elegido: **cálculo de emisores, conductos, máquinas hidraúlicas y máquinas térmicas** que corresponde con la Clasificación por Bloques propuesta, en Cuadernos anteriores, para estudiar la composición de los Sistemas de Climatización, posibles, en Edificación[3].

EMISORES DE ENERGÍA

Los emisores de energía varian según el fluido caloportador que circula por su interior:

- ***de agua o fluido refrigerante***, que circula por su interior en circuito cerrado, *estanco respecto al aire ambiente de los recintos que acondicionan*: **radiadores, paneles radiantes y fancoils (ventiloconvectores)**
- ***aire térmicamente tratado***, que se aporta directamente a los recintos *para mezclarse con el aire ambiente de los recintos que acondicionan*: **rejillas, difusores y toberas**

[3] Por comodidad, seguiremos aquí hablando de "frío" cuando nos referimos a la extración de energía de un recinto y "calor" cuando aportamos energía a un recinto. Ambos fenómenos serán valorados con las mismas unidades J o W según estemos interesados en la energía o en la potencia del elemento.

Radiadores y superficies radiantes

De uso frecuente en instalaciones de calefacción por agua, los *radiadores* son una agrupación de elementos idénticos que pueden hacerse tan extensos como convenga y los paneles son superficies fabricadas en dimensiones inalterables.

La elección de radiador o panel será tomada en función del uso, rendimiento, estética, precio, mantenibilidad… entre todas las posibles alternativas que ofrecen los fabricantes.

Elegido el modelo de radiador o panel, se calculará para cada recinto el número de elementos de radiador o la superficie de panel a intalar.

Son condiciones para su cálculo: el tipo de caldera que les sirve (*estándar, condensación o de baja temperatura)* y la derivación que les suministra *(monotubular o bitubular)* porque determinan las dos variables que condicionan su funcionamiento que son:

- **el salto térmico de la instalación**: diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de agua en el radiador
- **el salto térmico del emisor:** diferencia entre el valor medio de la temperatura del agua en el radiador y la temperatura ambiente de proyecto.

Las calderas de condensación o las de baja temperatura procuran un *salto térmico del emisor* menor que las estándar y, en consecuencia, requieren emisores mucho más grandes .

En las redes monotubulares *el salto térmico de la instalación irá disminuyendo* y no solo requieren emisores de mayores dimensiones sino que, además y más importante, no podrán incorporar más de seis o siete emisores.

Las redes bitubulares, sin embargo, además de requerir emisores de menores dimensiones que las monotubulares no tiene limitación en el número de radiadores en conexión.

Cálculo de radiadores y superficies radiantes

a. Elegida la caldera y el salto térmico de la instalación se podrá calcular la temperatura media del emisor. Valores habituales para instalaciones bitubulares, según caldera,son:

	$\Delta T_{instalación}$	➡	$T_{media\ emisor}$	➡	ΔT_{emisor}
Estándar	(80-65)ºC		72,5ºC		(72,5-21)ºC
Baja Temperatura	(60-45)		52,5		(52,5-21)
Condensación	(60-45)		52,5		(52,5-21)

b. Elegido el emisor, el fabricante informa de la potencia emisiva *de un elemento* para un ΔT_{emisor} *de referencia* (habitualmente a 50º) así como la función que permite el cálculo para cualquier otro salto térmico del emisor.

- Usualmente: $\Phi_{\Delta T} = \Phi_{50} \cdot \left[\frac{\Delta T}{50}\right]^n$

  Donde:

  $\Phi_{\Delta T}$ *potencia de un elemento con salto térmico del emisor de* ΔT

  Φ_{50} *potencia de un elemento con salto térmico del emisor de* 50º

  n exponente del fabricante

c. Para cada recinto habrá de calcularse el número de elementos, del tipo de emisor elegido, que compensen las pérdidas de calor en él. Simplemente: pérdidas/$\phi_{\Delta Temisor}$

d. Calculado el número total de elementos o superficie total de panel: el número, situación y composición de los emisores, en cada recinto, es cuestión de diseño y normativa más que de cálculo; y será decisión del proyectista.

Ejemplo de cálculo de un radiador para compensar una pérdida de calor de 1500 W de un recinto

Para una instalación bitubular, con caldera estándar: **$\Delta T_{instalación}$: 80º-65º** y **$T_{confort}$ = 21º**

CARACTERÍSTICAS			MODELO			
			ORION 450	ORION 600	ORION 700	ORION 800
EMISIÓN TÉRMICA SEGÚN UNE EN 442	ΔT 50º C	W	92	124,8	144	161
		kcal/h	79,1	107,3	123,8	138,5
	ΔT 60º C	W	117,2	158,3	181,5	207,1
		kcal/h	100,8	136,1	156,1	178,1
EXPONENTE "n"			1,30565	1,30624	1,3417	1,35387
VALOR Km			0,5587	0,75309	0,7467	0,81053
PESO (Kg)			1,04	1,39	1,6	1,81
CONTENIDO AGUA (l)			0,31	0,39	0,45	0,5
CONEXIONES (Ø)			1"	1"	1"	1"



Datos de fabricante Radiador Orión

Procedimiento:

1) Se calcula la potencia de un elemento, determinando:
   a) **$\Delta T_{instalación}$= (T_{ida}- $T_{retorno}$)** = (80-65) ºC = **15 ºC**
   b) **ΔT_{emisor}** = **($T_{radiador}$ – T_{aire})** =[(80+65)/2]ºC – 21,0ºC = **51,5 ºC**
   c) Elegidos radiadores de aluminio Orión, modelo 450, vemos que:
      - para **ΔT=50ºC**, la potencia de un elemento es **92 W**
      - y el exponente ***n* = 1,30565**
   d) La potencia del elemento <u>con salto térmico de 51,5ºC</u>, será:

$$\Phi_{\Delta T} = \Phi_{50} \cdot \left[\frac{\Delta T}{50}\right]^n = 92\ \mathrm{W} \cdot \left[\frac{51{,}5}{50}\right]^{1{,}30565}$$

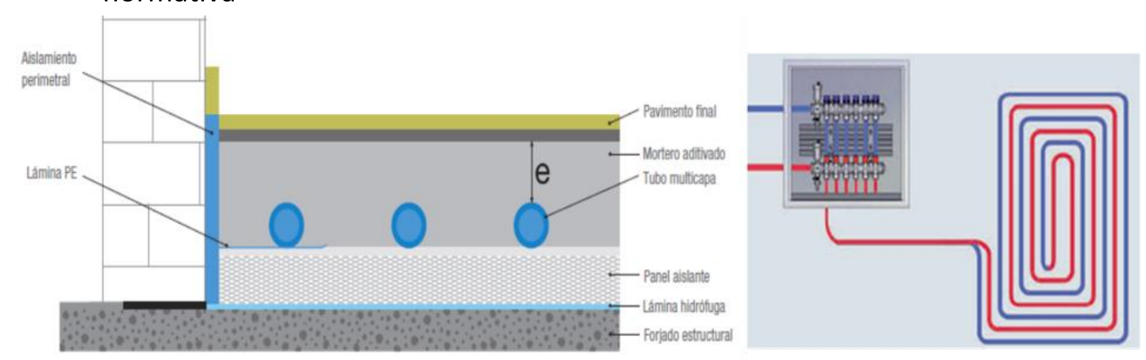
2) En consecuencia: para compensar las pérdidas totales, de 1500 W, necesitaremos 16 elementos del Modelo 450:

$$\left[\frac{1500\ \mathrm{W}}{95{,}62\ {}^{W}/_{elem}}\right] = 15{,}69\ elementos$$

Ejemplo de cálculo de suelo radiante *con acabado cerámico* para un recinto de 120 m^2 que debe compensar una pérdida de calor de 8400 W

En el suelo radiante el emisor es *1 m^2 de suelo con tuberías* y está condicionado muy específicamente por la normativa (UNE EN 1264):

- La temperatura superficial máxima del pavimento será: de 29ºC en zonas de permanencia, hasta 33ºC en zonas húmedas (baños o similar) y hasta 35ºC en zonas de no permanencia
- El salto térmico de la instalación debe ser igual o menor a 5ºC y no se puede impulsar agua a temperatura >55ºC
- La multicapa que constituye el suelo radiante debe adecuarse a la tipología normativa



Ejemplos de catálogo de fabricante Sistemas ALB (2013), configuración y colectores con un circuito

El cálculo se hará de la siguiente manera:

- Eligiendo una de las alternativas constructivas que –conforme a la normativa- nos proponga el fabricante, y que desde el punto de *vista constructivo* sea adecuada al proyecto
  Y considerando que cada alternativa anterior tendrá, a su vez, varias posibilidades de emitir calor según la separación de la tubería empotrada y el diámetro empleado
  <u>Datos</u>:
  - *Pérdidas de calor del recinto* =**8400 W** • *Superficie* =**120 m^2**
  - *Temperaturas*: $\mathbf{T_{suprf} < 29ºC}$, $\mathbf{T_{ambte} = 20ºC}$, $\mathbf{\Delta T_{instal}} =$ $T_{ida} - T_{retor}$ =*55-50* = **5ºC**

  <u>Cálculos</u>:
  - Potencia térmica específica: **q** = $\Phi_{Calefacción}$ /S = 8400 W/120 m^2= **70 W/m^2**
  - $\mathbf{\Delta T_{emisor}}$= [($T_{ida}$ + $T_{retorno}$)/2]-$T_{ambient}$ = [(55+50)ºC / 2] – 20ºC = **32,5ºC**

  <u>Selección del suelo</u>:
  - De un fabricante: **ALB,** elegimos la alternativa constructiva: **panel Difutec**

- Vemos la conductividad que el fabricante asigna al acabado de suelo que *para el proyecto se habrá* elegido

Resistencia Rλ [m² K/W]	Tipo pavimento	Espesor [mm]	Conductividad térmica λ [W/m²·K]
0,01	Mármol/Granito	23	1,60
	Cerámica/Gres	16	1,10
	Hormigón pulido	15	1,40
0,05	Linóleo	2,7	0,05
	Parquet laminado	10	0,20
0,1	Parquet laminado	19	0,20
	Parquet laminado	15	0,15
	Tarima no flotante	17	0,17
	Moqueta/Textil	5	0,05
0,15	Parquet laminado con barrera acústica [1]	15	0,10
	Tarima flotante [2]	12	0,08

[1] Elemento acústico en la base del parquet
[2] Se incluye cámara de aire

- Y la potencia térmica específica, que el fabricante garantiza, según: la separación entre tubos, el salto térmico del suelo y el tipo de acabado proyectado.

Sistema DIFUTEC®

	Distancia de colocación						
	10 cm		15 cm		20 cm		
Tm (ºC)	W/m²	Ts	W/m²	Ts	W/m²	Ts	Rλ [m2 ºk/W]
30	67,80	26,32	59,80	25,64	52,85	25,04	0,01
	52,77	25,03	47,26	24,55	42,38	24,12	0,05
	41,51	24,05	37,91	23,73	34,62	23,43	0,10
	34,37	23,41	32,02	23,20	29,80	22,99	0,15
35	115,90	30,29	102,23	29,18	90,34	28,21	0,01
	90,21	28,19	80,80	27,41	72,44	26,71	0,05
	70,97	26,59	64,81	26,07	59,19	25,59	0,10
	58,75	25,55	54,74	25,20	50,94	24,87	0,15

Tablas del catálogo de fabricante Sistemas ALB (2013)

- En esta alternativa, buscamos el arreglo -de diámetro y distancia entre tuberías- que mejor se aproxima a la potencia requerida (70 W/m²) para un acabado en gres.
- Para 32,5ºC y 10 cm de separación –interpolando- podemos estimar que este panel emite 91,9 W; 81,0 W si la separación fuera 15 cm; 71,6 W con 20 cm de separación.
  Elegimos la menor separación: **10 cm** -aunque las tres serian alternativa válida- porque nos garantizan un mayor rango de variabilidad en operación.
- La longitud de tubo total a instalar: *superficie (m²) / separación (m)*

$$L_T = 120\ m^2 / 0{,}10\ m = \mathbf{1200\ m}$$

(En tramos o circuitos de aproximadamente 100m de longitud)

- Usando la recomendación del fabricante
  - Tubo multicapa ALB 17 x 2,0 mm: 100 m longitud
  - Tubo multicapa ALB 20 x 2,0 mm: 120 m longitud

  Nº de circuitos = 1200 m/120 m= **10 circuitos**

Fan-Coils o ventiloconvectores

De uso cada vez más frecuente en instalaciones de calefacción/refrigeración por agua o por refrigerante.

Cálculo de fan-coils o ventiloconvectores

Estos emisores son unidades no modificables, capaces de variar la energía que emiten según:

- el caudal de agua o refrigerante que circula por el interiór del serpentín (coil)
- el caudal de aire que maneja el ventilador (fan)

Su cálculo se reduce a decidir los fancoils que van a compensar las pérdidas de calor del recinto. Más que su número: importa su distribucción y ubicación en el recinto. Tanto más, cuanto que, este tipo de emisor, está habitualmente incluido en instalaciónes mixtas de climatización, esto es: las pérdidas totales del recinto se neutralizarán

- con aire primario suministrado desde difusores adecuadamente distribuidos
- con los fancoils que se distribuyen focalizadamente en las zonas donde se producen las pérdidas que tienen mayor variabilidad



Fan Coil de catálogo de fabricante Termoven (2012)

Ejemplo de selección del número y tipo de Fan-Coil en una oficina

1) Carga de calefacción por oficina:

Restaremos, a las pérdidas de calor por transmisión (por ejemplo 16 kW), el calor aportado por el aire de ventilación si éste es impulsado por una UTA en la que ha sido tratado:

$$\Phi_{\mathrm{CAL}} = 16\,kW - \left(\mathrm{Q_{E\,oficina}} \cdot \rho_{\mathrm{aire}} \cdot c_{aire} \cdot (\mathrm{T_I} - \mathrm{T_L})\right) = \\ 16 - 0{,}25 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}005 \cdot (26 - 21) = 16 - 1{,}51 = 14{,}49\ \mathrm{kW}$$

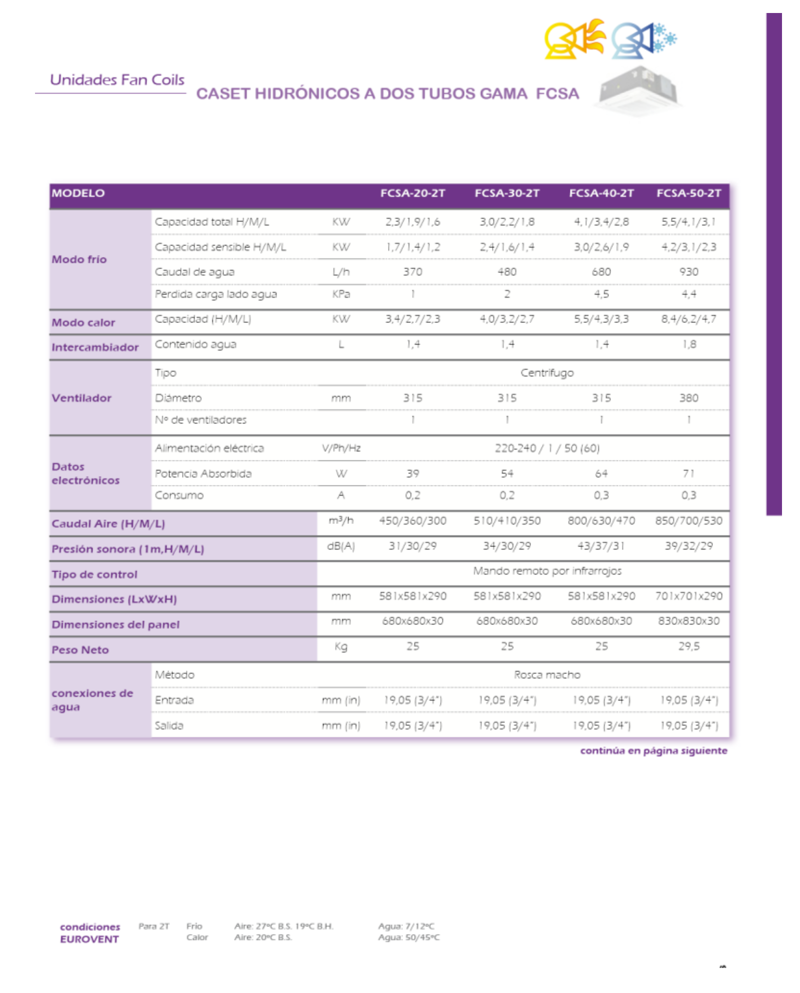
2) Seleccionaremos en catálogo del fabricante el modelo que se ajusta a nuestras necesidades:

Por ejemplo, fan coil tipo FCSA-20-2T, para integrar en falso techo, y los consideramos para que emitan a baja presión lo que implica menor nivel de ruido. Su número, por tanto, será:

$$\frac{14{,}49\ \mathrm{kW}}{2{,}3\ \mathrm{kW}} = 6{,}3\ \mathrm{unidades}$$

3) Se elige el número de unidades para contrarrestar las pérdidas del apartado anterior:

7 unidades FCSA-20-2T distribuidas en anillo por el falso techo de la oficina dada.



Unidades Fan Coils

CASET HIDRÓNICOS A DOS TUBOS GAMA FCSA

MODELO			FCSA-20-2T	FCSA-30-2T	FCSA-40-2T	FCSA-50-2T
Modo frío	Capacidad total H/M/L	KW	2,3/1,9/1,6	3,0/2,2/1,8	4,1/3,4/2,8	5,5/4,1/3,1
	Capacidad sensible H/M/L	KW	1,7/1,4/1,2	2,4/1,6/1,4	3,0/2,6/1,9	4,2/3,1/2,3
	Caudal de agua	L/h	370	480	680	930
	Perdida carga lado agua	KPa	1	2	4,5	4,4
Modo calor	Capacidad (H/M/L)	KW	3,4/2,7/2,3	4,0/3,2/2,7	5,5/4,3/3,3	8,4/6,2/4,7
Intercambiador	Contenido agua	L	1,4	1,4	1,4	1,8
Ventilador	Tipo		Centrifugo			
	Diámetro	mm	315	315	315	380
	Nº de ventiladores		1	1	1	1
Datos electrónicos	Alimentación eléctrica	V/Ph/Hz	220-240 / 1 / 50 (60)			
	Potencia Absorbida	W	39	54	64	71
	Consumo	A	0,2	0,2	0,3	0,3
Caudal Aire (H/M/L)		m³/h	450/360/300	510/410/350	800/630/470	850/700/530
Presión sonora (1m,H/M/L)		dB(A)	31/30/29	34/30/29	43/37/31	39/32/29
Tipo de control			Mando remoto por infrarrojos			
Dimensiones (LxWxH)		mm	581x581x290	581x581x290	581x581x290	701x701x290
Dimensiones del panel		mm	680x680x30	680x680x30	680x680x30	830x830x30
Peso Neto		Kg	25	25	25	29,5
conexiones de agua	Método		Rosca macho			
	Entrada	mm (in)	19,05 (3/4")	19,05 (3/4")	19,05 (3/4")	19,05 (3/4")
	Salida	mm (in)	19,05 (3/4")	19,05 (3/4")	19,05 (3/4")	19,05 (3/4")

continúa en página siguiente

condiciones EUROVENT — Para 2T — Frio: Aire: 27ºC B.S. 19ºC B.H. — Agua: 7/12ºC; Calor: Aire: 20ºC B.S. — Agua: 50/45ºC

Hoja de especificaciones de Fan Coils de catálogo de fabricante Termoven (2012)

Rejillas, difusores y toberas

Rejillas, difusores y toberas no son, propiamente, emisores de energía, son emisores de aire (materia) que tiene diferente energía que el aire ambiente del local.

Las rejillas no deben ser usadas en la *impulsión de aire*; son recomendables para la *extracción o retorno*. Podrán ser usadas en *impulsión* allí donde se requieran barreras que impidan el intercambio de energía: cortinas de aire en accesos o fachadas acristaladas (deficientemente aisladas).

Cálculo de rejillas, difusores y toberas

Siendo los *difusores o toberas* los que deben ser usados para impulsar aire térmicamente tratado -con la intención de que este se difunda en el recinto completa y homogéneamente- se calculará su número y caracteristicas para que aporten el caudal proyectado y:

- no se produzca cortocircuito entre impulsión y retorno
- no se produzca ruido
- la velocidad residual de la vena de aire, a su entrada en la zona ocupada de confort, sea suficiente pero no excesiva

Se calculará el numero de *rejillas* de extracción o retorno:

- en función del caudal impulsado y según queramos mantener sobrepresión, o no, en el recinto
- la superficie total necesaria para extraer el caudal anterior a velocidades que no provoquen ruidos en conductos
- dispuestos de forma que no cortocircuiten la impulsión, pero provoquen el barrido del recinto

Procedimiento:

1) <u>Trama ortogonal de reparto de los difusores</u>

   Se dispondrán los difusores en un mismo plano, por debajo de los conductos de distribucción. La distancia entre ellos será igual a la altura libre del recinto, (cuando ésta no sea mayor de 3,5 m). Se ajustará la trama ortogonal de ubicación teniendo en cuenta los límites de la zona ocupada (de confort), los cerramientos al exterior del recinto y concentración de demanda por uso.

   Será recomendable reforzar la impulsión batiendo superficies donde se produzca gran transferencia de calor o zonas de alta ocupación de personas y/o equipos

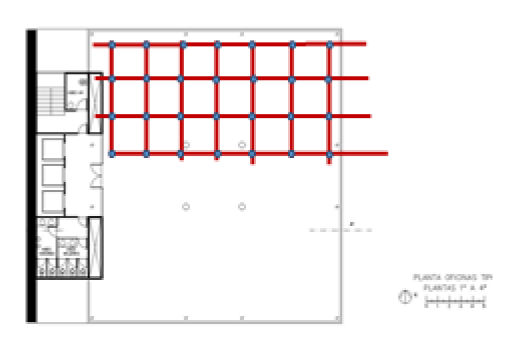
2) <u>Se eligirán según el fabricante</u> el tipo de difusor cuyo:
   a) Caudal impulsado: la suma de los caudales de los difusores
   b) Alcance: 75 % de la distancia entre difusores
   c) Ruido: según el uso del local

3) <u>Ubicación y dimensiones de rejillas</u> para retorno
   Elegida una velocidad de retorno que no produzca ruido -y que sea congruente con la velocidad de impulsión que maneje la preceptiva UTA- se calculará el area total necesaria para extraer el aire viciado. Como la extración no tiene ninguna función energética deberemos situar las bocas de manera que nos aseguremos un buen barrido y se evite el cortocircuito.

Ejemplo de selección de difusores en una oficina de dimensiones: 21 x 11 m; altura libre de 3,10 m y por los que se impulsan Q_I= 1,09 m^3/s.

1) Trama ortogonal de retícula: 3,10 x 3,10 m:
   a) 21 / 3,10 = 6,77 aproximamos a 6 vanos (7 difusores)
   b) 11 / 3,10 = 3,55 aproximamos a 3 vanos (4 difusores)

   Se necesitan: 7 x 4 = 28 difusores



Distribución de difusores

2) Elección del difusor: para un caudal unitario de

$$Q_{Difusor} = \frac{1{,}09\frac{m^3}{s}}{28} = 0{,}04\,\frac{m^3}{s} \times 3600\,\frac{s}{h} = 144\,\frac{m^3}{h}$$

Se elige el difusor ***DCI-1: 6",*** *de AIRFLOW*, porque:

a. *Difunde caudal suficiente a velocidad ≤ 2,5 m/s:* **160 m^3/h > 144 m^3/h.**
b. *El alcance, $X_{0.5}$, está comprendido entre 100 y 75% de ¡la mitad de la distancia! entre difusores:* **1,2 m**
   (3,10 / 2 = 1,55 m; 1,55 x 0,75 = 1,16 m 1,55 > 1,20 >1,16)
c. *El ruido no es excesivo*, **29 dB (A)**

DIMENSIÓN NOMINAL / NOMINAL DIMENSION / DIMENSION NOMINALE	A_{ef} (m^2)		Velocidad en cuello (m/sg)	
			2	2,5
6"	0,009	Q	130	160
		ΔP_t	11	17
		V_{ef}	4	5
		$X_{0,25}$	1,9	2,4
		$X_{0,5}$	0,9	1,2
		L_W (A)	25	29

Q	Caudal en m^3/h
ΔP_t	Pérdida de presión en (Pa)
$X_{0,25}$	Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,25 m/sg
$X_{0,5}$	Radio de difusión en m. para velocidad residual de 0,5 m/sg
L_W (A)	Potencia sonora en dB (A)

Datos de catálogo de fabricante AirFlow

3) Rejillas de retorno o extracción: elegida una velocidad de 2,5 m/s (hasta 5 m/s no es molesta para oficinas) y manteniendo el mismo caudal en extracción que en impulsión:

$$S_{Extracción} = \frac{Q_i}{v} = \frac{1{,}09\ m^3/s}{2{,}5\ m/s} = 0{,}436\ m^2$$

Esta superficie se puede repartir en 4 rejillas de extracción de dimensiones razonables

$$\frac{0{,}436\ m^2}{4\ rejillas} = 0{,}109\ m^2$$

Se dispondrán 4 rejillas de 0,33 x 0,33 m o de dimensiones rectangulares equivalentes

DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS CALOPORTADORES

La distribucción de fluidos caloportadores –aire, agua o refrigerante- se realiza por medio de conductos y tuberías con accesorios de control, equipos de transferencia de energía y/o acumulación de material (depósitos) y máquinas de impulsión (bombas y ventiladores).

Estos circuitos, con sus accesorios y máquinas, condicionan el edificio no solo por requerir de patinillos , locales y huecos, sino porque las condiciones de seguridad que exige su recorrido, posición y uso determinan formal y volumétricamente los recintos en particular y el edificio en general.

La energía que se necesita en los recintos y que va a ser transportada por el agua, determina el caudal de agua que se debe enviar hacia ellos. Este caudal, distribuido a una velocidad que no provoque ruidos y a una presión soportable por la tubería, determinará el diámetro. En el Cuaderno *323.01 Hidráulica y Aeráulica* se explicaban que para el alcance de nuestros cursos los modelos (ecuaciones) matematicos relevantes son:

- Ecuación de continuidad
- Ecuación de Conservación de la energía → Ecuación de Bernoulli

Para nuestros fines, cálculo de las instalaciones de edificación, y asumiendo que los fluidos reales no son suceptibles de modelizar con exactitud recurriremos, directamente, a herramientas y valores experimentales como:

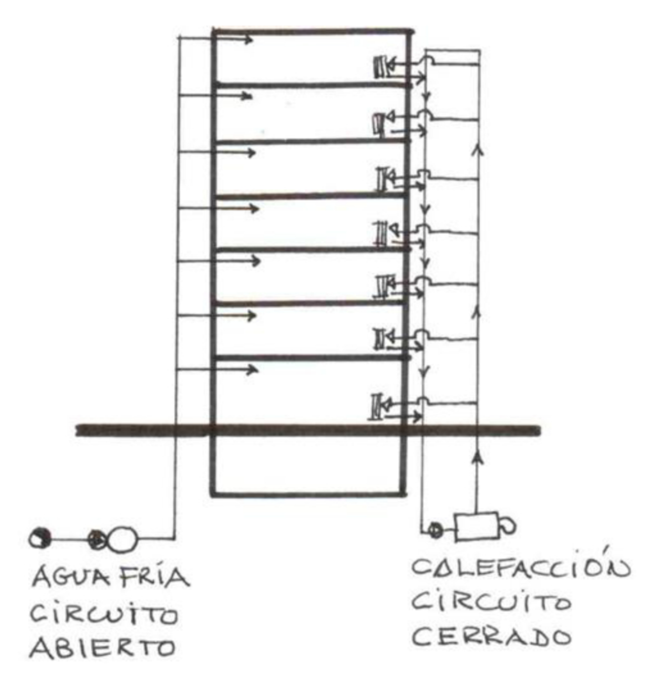
- Abaco de Moody
- Nomogramas ***D, v, j y Q***

En el ejemplo del *Cuaderno* vemos que en los edificios hay circuitos abiertos y circuitos cerrados.

Circuitos abiertos que implican consumo de fluido en el edificio: *entra y sale al circuito una masa determinada de agua.* En cada punto del circuito: *la presión y la energía varían y son diferentes.*

En los *circuitos cerrados:* ***no,*** *la masa total de agua se mantiene constante.* Aquí, en cada punto del circuito: *la energía permanece constante aunque la presión varíe de un punto a otro.*

En ambos se considera que el flujo es estacionario: *que se mantiene el caudal en el tiempo*. Esto nos permite aplicar la ecuación de continuidad a los caudales proyectados.



Cálculo de tuberías de agua en circuito cerrado

Si utilizamos como ejemplo, de *circuito cerrado,* la calefacción colectiva del dibujo donde una caldera alimenta de agua caliente a los radiadores distribuidos por un edificio de viviendas:

Potencia de la bomba:

- La cantidad de agua que hay en el circuito es siempre la misma y su energía, en reposo, en cualquier punto, es idéntica
- Para mover el agua solo tendremos que vencer las pérdidas por rozamiento con la tubería. En consecuencia, la potencia de la bomba será:

$$\boldsymbol{\Phi_{útil} = Q \cdot \Delta P \; \Phi_{útil} = Q_{total} \cdot \Delta h_{circ} = Q_{total} \cdot \Sigma j_i \cdot L_{equi}}$$

$$\boldsymbol{\Phi_{consumida} = (Q_{total} \cdot \Delta h_{circ}) \cdot \eta = \left(Q_{total} \cdot \Sigma j_i \cdot L_{equi}\right) \cdot \eta}$$

Diámetro de las tuberías

Conocido el caudal que debe circular por cada uno de los emisores -mediante el procedimiento que se ha descrito en apartado anterior- el cálculo de las secciones de las tuberías se obtiene con facilidad aplicando la ecuación de continuidad: $\boldsymbol{S = {}^{Q}/_{v}}$

Debe calcularse, tramo a tramo, considerando que:

- Para evitar el ruido en la instalación se elegirán velocidades adecuadas, y experimentalmente comprobadas, para el material de la tubería.
- Como la aplicación de la ecuación puede darnos valores de diámetro de tubería inexistentes en el mercado: se usaran nomogramas de los fabricantes para: *manteniendo el caudal encontrar el diámetro comercial que, simultáneamente, nos dé una velocidad de circulación ≤ que la permitida.*

- Nomograma como el utilizado en el ejemplo; en el podremos obtener no sólo ***D*** (partir de los ***Q y v*** conocidos) sino, también, ***j,*** necesaria para el cálculo de la potencia.
- En el cálculo de la potencia se debe considerar como longitud total del circuito: *la longitud resultante de sumar la de los tramos rectos con la longitud equivalente de todos y cada uno de los accesorios o equipos que completan el circuito.*

Cálculo de tuberías de agua en circuito abierto

En los circuitos abiertos como la instalación de agua fría del dibujo, no solamente las pérdidas de rozamiento exigen que se haga trabajo sobre el fluido; también se deberá aportar la diferencia de energía potencial entre los puntos del circuito, el trabajo de flujo que el fluido realiza para empujar la columna de agua sobre él y considerar la energía cinética que deseamos tenga en su salida. Todo esto, remitiéndonos de nuevo al *Cuaderno 323.01,* se calcula con ayuda de:

- Ecuaciones de la conservación de la energía

  $$\boldsymbol{p_1 + z_1 \cdot \gamma + \rho \frac{v_1^2}{2} p_1 + w = p_2 \cdot z_2 \cdot \gamma + \rho \frac{v_1^2}{2} + h_{12}}$$

  $$\boldsymbol{w = (p_2 - p_1) + (z_2 - z_1) \cdot \gamma + \rho \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} + h_{12}}$$

- Ecuación de continuidad $\boldsymbol{S = Q/v}$

<u>Potencia de la bomba</u>

En los circuitos abiertos la potencia no es solo para vencer pérdidas, será:

- $\boldsymbol{\Phi_{útil} = Q \cdot \Delta P = Q \cdot \left[(p_2 - p_1) + (z_2 - z_1) \cdot \gamma + \rho \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} + h_{12}\right]}$
- $\boldsymbol{\Phi_{consumida} = \Phi_{útil} / \eta}$

<u>Diámetro de las tuberías</u>

Igual que en circuitos cerrados la sección va a depender de la velocidad que, para que no se produzcan ruidos, se elija.

E igualmente, *conocidos los caudales* que circulan por cada tramo, vamos *a calcular la sección (diámetro)* de la tubería en los nomogramas de fabricante aplicando la ecuación de continuidad con una velocidad elegida que no supere a la experimentalmente recomendada para que no se produzca ruido.

Según CTE HS4, la velocidad de cálculo debe estar comprendida dentro de los intervalos siguientes:

i) tuberías metálicas: entre 0,50 y 2,00 m/s

ii) tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,50 y 3,50 m/s

Cálculo de conductos de aire en circuito abierto

Se ha insistido reiteradamente, en Cuadernos anteriores: *324.01 Calidad del Aire y Climatización, 323.01 Hidráulica y Aeráulica*, en la inevitabilidad del uso de conductos de aire en Edificación, bien para simplemente extraer o para climatizar (impulsando aire para difusión o, solamente, primario).

Los conductos condicionan la morfología del edificio: por su diámetro (sección que ocupan) y por el ruido que produce el aire (velocidad) al circular en su interior. Recordando que ***Q, D, v, j*** son las variables ligadas que especifican las dimensiones y el régimen de flujo en el conducto, debemos tener presente que disponemos de herramientas matemáticas y gráficas (nomogramas) que nos permiten determinar todas ***(Q, D, v, j)*** si conocemos el valor de un par de ellas.

De los numeroso procedimientos de cálculo, dos son más usuales; el método de la pérdida de carga constante es el más utilizado para el cálculo de instalaciones de ***extracción***: garajes, cocinas, etc., el método de la recuperación de la presión estática es más aconsejable cuando se trata de proyectar aire de ***impulsión para climatizar:*** instalaciones TODO AIRE.

Método de la pérdida de carga constante

El método se fundamenta en mantener la pérdida de carga ***j*** constante a lo largo de todo su recorrido; esta decisión implica que la velocidad variará a lo largo del circuito[4]. Definido el recorrido de la instalación en el edificio y calculado el caudal, ***Q***, que circula por cada tramo: se trata de calcular el diámetro, ***D***. Para hacerlo, tendremos que conocer una de las variables asociadas del par: velocidad,***v, o pérdida lineal, j*** . Con ***Q*** y una de las ***v, j*** podremos –utilizando los nomogramas que relacionan ***Q***, ***D, v, j***- conocer ***D*** y la variable ***v*** o ***j*** que no hayamos escogido y falte por conocer.

El procedimiento más sencillo es utilizar nomogramas:

> La pregunta, entonces, es ¿ qué valor de ***j***, entre todos los posibles, se toma? La respuesta: el que corresponda al par ***Q, v,*** dónde el caudal sea máximo y la velocidad no produzca ruido molesto… que será, necesariamente, a la entrada o salida del ventilador.

Se puede trabajar, este método, con los nomogramas de los fabricantes

Este método requiere de un esmerado equilibrado posterior.

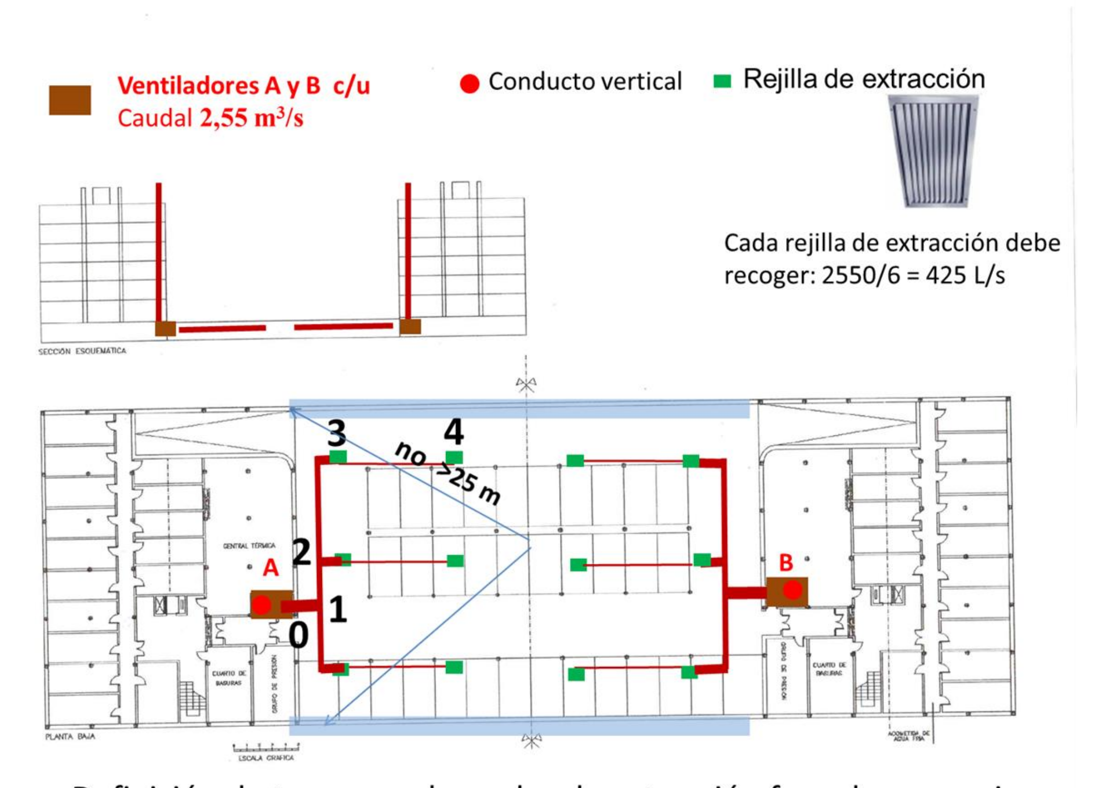
[4] Como se ha explicado en otros cuadernos, es importantisimo la condición de sobrepresión (impulsión) o depresión (extracción) que se esté produciendo en el conducto cuando esté en carga (funcionamiento).

Ejemplo de cálculo de conductos con pérdida de carga constante

Se utiliza como ejemplo la extracción de aire contaminado del garaje que se indica a continuación para cumplir las condiciones fijadas en el CTE y las UNE 13779/100.600; siguiendo el procedimiento indicado en el Cuaderno *324.01 Calidad del Aire y Climatización.*

Se pide: dimensionar las redes de extracción de un *garaje con planta y sección según se indica en planos* (*escala gráfica*) por el método de las pérdidas de carga unitarias constantes, indicando la potencia de los ventiladores.

Esquema general de la solución propuesta:



Definición de tramos en las redes de extracción forzada en garaje

Procedimiento

1. Se elige el número de redes, del CTE HS3: si > 15 plazas, ***2 redes, A y B, por haber 34 plazas.***

2. El Caudal de admisión, de CTE HS3 Tabla 2.1, debe de ser: ***120 l/s·plaza***
   - $\boldsymbol{Q_{adm}} = 120\,\frac{l}{s\cdot plaza}\cdot 34\,plazas = \mathbf{4.080}\,\boldsymbol{\frac{l}{s}}$

   Superficie de admisión, *Tabla 4.1 CTE HS3.*
   - $\boldsymbol{S_{adm}} = \mathbf{4.080}\,\boldsymbol{\frac{l}{s}}\cdot \mathbf{4} = \mathbf{16.320}\ \boldsymbol{cm^2}$

- $L_{adm} = \frac{16320\ cm^2}{30\ cm} = 544\ cm \rightarrow 272\ cm\ por\ fachada$

3. Caudal de extracción (del CTE SI, más exigente que CTE HS3): **150 l/s·plaza**
   - $Q_{ext} = 150\ \frac{l}{s \cdot plaza} \cdot 34\ plazas = 5.100 \frac{l}{s} \rightarrow Q_{ext-una\ red} = 2.550\ \frac{l}{s}$

   Situando las bocas de extracción de acuerdo a una trama ortogonal a la mayor distancia que permite el CTE HS3:
   - Separadas 10 m
   - Cubriendo 100 m^2

   El nº de bocas de extracción será: $\frac{883{,}3\ m^2}{100 m^2 \cdot abert} = 8{,}83 \rightarrow 9\ mínimo$

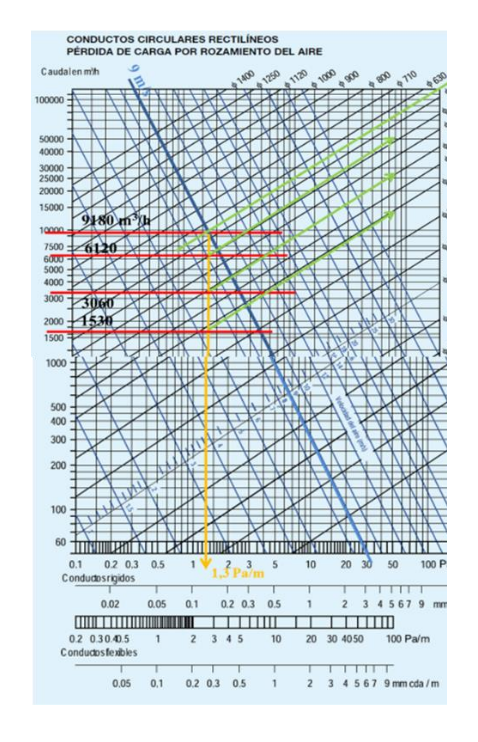
   Aunque con 9 aberturas sería suficiente: **se propone una retícula de 9 x 9 m que se resuelve con 12 rejillas, 6 en cada red.**

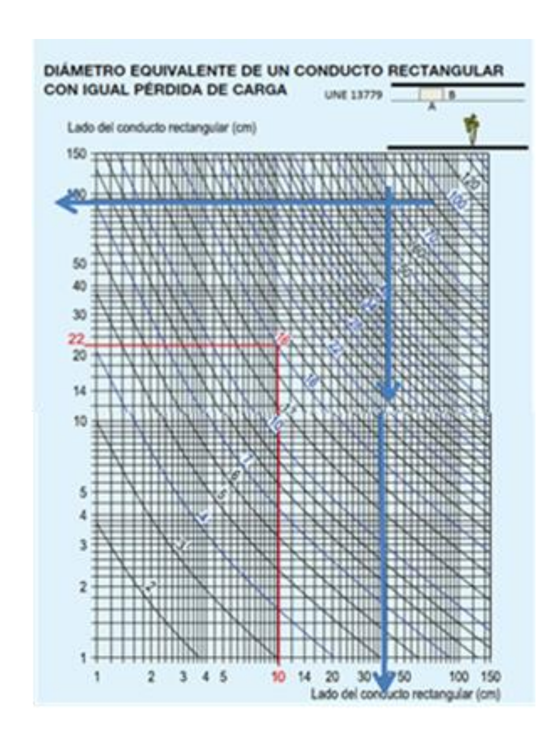
4. El conducto con mayor pérdida de carga es: entre el ventilador y la rejilla más alejada: **0-4.** Y como la velocidad máxima, en la red, se producirá a la entrada del ventilador; elegimos para ésta un valor *aceptable para uso garaje: 9 m.*

5. En la tabla se presentan los datos necesarios para el diseño del tramo 0-4. Su elaboración comienza incluyendo los datos conocidos: *el caudal de cada tramo y la velocidad máxima.*

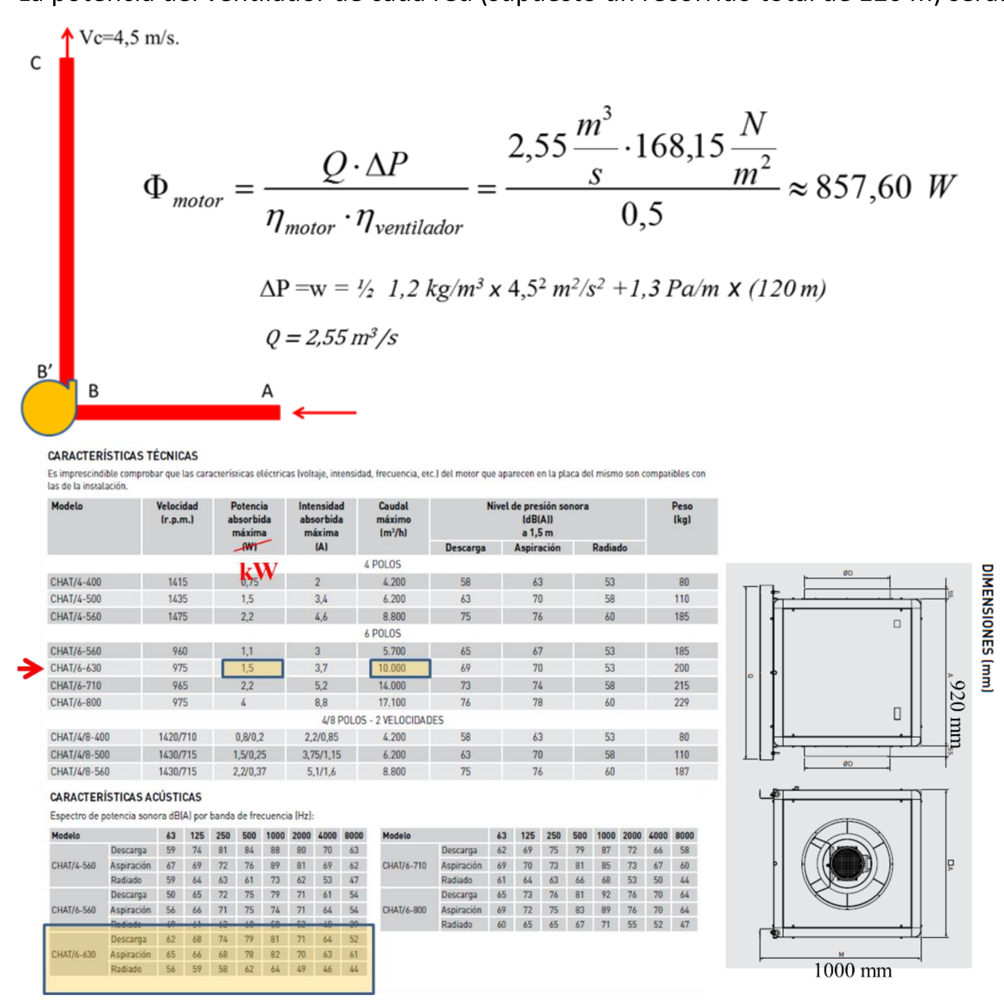
6. Con éstos, en nomograma, se buscan: ***D y j*** (que mantendremos constante). Después, para cada tramo y caudal de conducto, hallamos ***D (j cte.).*** Usando Huebscher, o tablas se halla el conducto ***B x A*** equivalente.

TRAMOS	q (L/s)	q (m³/h)	v (m/s)	j (Pa/m)	D (mm)	B x A (mm x mm)
1-0	2550	9180	9	1,3	610	450 x 800
2-1	1700	6120	<9	1,3	530	340 x 800
3-2	850	3060	<9	1,3	360	240 x 550
4-3	425	1530	<9	1,3	315	240 x 380





7. La potencia del ventilador de cada red (supuesto un recorrido total de 120 m) será:



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compatibles con las de la instalación.

Modelo	Velocidad (r.p.m.)	Potencia absorbida máxima ~~(W)~~ kW	Intensidad absorbida máxima (A)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel de presión sonora (dB(A)) a 1,5 m			Peso (kg)
					Descarga	Aspiración	Radiado	
4 POLOS								
CHAT/4-400	1415	0,75	2	4.200	58	63	53	80
CHAT/4-500	1435	1,5	3,4	6.200	63	70	58	110
CHAT/4-560	1475	2,2	4,6	8.800	75	76	60	185
6 POLOS								
CHAT/6-560	960	1,1	3	5.700	65	67	53	185
CHAT/6-630	975	1,5	3,7	10.000	69	70	53	200
CHAT/6-710	965	2,2	5,2	14.000	73	74	58	215
CHAT/6-800	975	4	8,8	17.100	76	78	60	229
4/8 POLOS - 2 VELOCIDADES								
CHAT/4/8-400	1420/710	0,8/0,2	2,2/0,85	4.200	58	63	53	80
CHAT/4/8-500	1430/715	1,5/0,25	3,75/1,15	6.200	63	70	58	110
CHAT/4/8-560	1430/715	2,2/0,37	5,1/1,6	8.800	75	76	60	187

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

Espectro de potencia sonora dB(A) por banda de frecuencia (Hz):

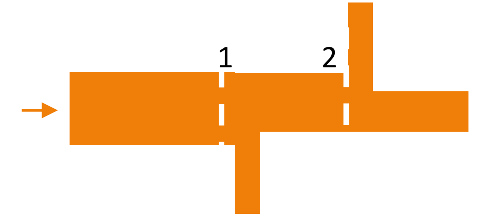
Modelo		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CHAT/4-560	Descarga	59	74	81	84	88	80	70	63
	Aspiración	67	69	72	76	89	81	69	62
	Radiado	59	64	63	61	73	62	53	47
CHAT/6-560	Descarga	50	65	72	75	79	71	61	54
	Aspiración	56	66	71	75	74	71	64	54
	Radiado	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
CHAT/6-630	Descarga	62	68	74	79	81	71	64	52
	Aspiración	65	66	68	78	82	70	63	61
	Radiado	56	59	58	62	64	49	46	44

Modelo		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CHAT/6-710	Descarga	62	69	75	79	87	72	66	58
	Aspiración	69	70	73	81	85	73	67	60
	Radiado	61	64	63	66	68	53	50	44
CHAT/6-800	Descarga	65	73	76	81	92	76	70	64
	Aspiración	69	72	75	83	89	76	70	64
	Radiado	60	65	65	67	71	55	52	47

Especificaciones de catálogo Soler & Palau

Método de la recuperación de la presión estática

Es un cálculo *tramo a tramo,* entendiendo por *tramo*: <u>el conducto que va desde el comienzo de una transición (reducción) (1) hasta el comienzo de la siguiente transición2</u>



El método se basa en conservar *la presión estática*, a lo largo de la red, para conseguir:

- En cada difusor, el *ΔP* exigido por el fabricante. *Obtener la presión estática deseada en los difusores garantiza que el caudal impulsado sea el proyectado.*
- La presión estática, P_e, a la entrada del difusor coincide con su *ΔP* total; ya que el cambio de velocidad entre la entrada y la salida es despreciable y la presión estática en el interior del local es 0 Pa (sin sobre o depresión).

- *Que,* de acuerdo a lo anterior, *en recintos diáfanos o a presión atmosférica, la presión en todos los difusores sea igual*. Si no fuese así, el circuito se auto-equilibraría modificando los caudales proyectados.

Tal como se ha expuesto en el Cuaderno Calidad del Aire y Climatización, el método es laborioso y requiere de sucesivas iteraciones hasta conseguir la definición de la red. Se trata de buscar valores -partiendo de la *ΔP* del difusor más alejado- de las velocidades y diámetros equivalentes de, y en, conductos para que sucesivamente, en los tramos, se vaya cumpliendo:

$$P_{e2} - P_{e1} = (P_{d1} - P_{d2}) - \Delta h_{transf} - \Delta h_{tramo}$$

Habitualmente, se acepta que las pérdidas en las transformaciones se aproximan al 25 % de la pérdida de presión dinámica, $\Delta h_{transf} = 0{,}25(P_{d1} - P_{d2})$ Por lo que:

$$P_{e2} - P_{e1} = 0{,}75\frac{\rho}{2g}(v_1^2 - v_2^2) - f\frac{L_{eq2}}{D_{h2}}r\frac{v_2^2}{2g}$$

Más allá de los cálculos, nuestro interés, para los efectos del proyecto de edificación, se centran básicamente en:

- Dimensionar la sección del conducto más restrictivo; porque estas dimensiones son las que podrán obligar a dejar un determinado espacio libre en falso techo y consecuentemente: *condicionan tanto altura libre como altura entre plantas*
- Determinar la presión del ventilador a la salida de la UTA, porque condiciona: *la potencia del ventilado*r *y, consecuentemente, las dimensiones de la UTA*

Ejemplo

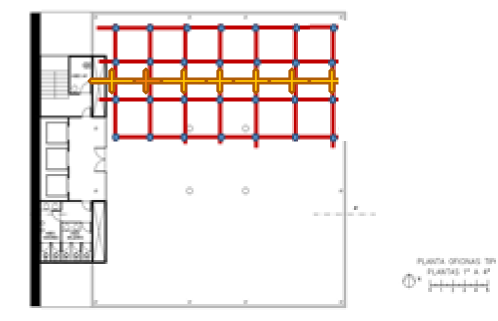
Si retomamos la disposición de difusores que utilizamos en un ejemplo anterior

Q_l = 1,09 m³/s

ΔP = 17 Pa

$Vel_{difusor}$ = 5 m/s

$Vel_{salidaUTA}$ = 6 m/s (sección más restrictiva)



a. **Altura falso techo**

$$\boldsymbol{D = \sqrt{\frac{4\cdot 1{,}09\,m^3/s}{\pi\cdot 6\,m/s}} = 0{,}48\ m}$$

Sección ≈ (900 x 600) mm → **Altura del falso techo: 1000 mm**

Alternativa: servir los difusores con dos o cuatro ramales formados antes de entrar en la sala en vez de (como se ha calculado) con uno solo.

b. **Potencia del ventilador**

$$\boldsymbol{\Phi_{\text{útil}} = \left(\Delta h_{recorrido} + \Delta P_{difusor}\right) \cdot Q = \left(j \cdot L_{equiv} + REC_{estatica} + \Delta P_{difu}\right) \cdot Q}$$

$$\boldsymbol{\Phi_{\text{útil}} = \left(0,8 \ {}^{Pa}/_{m} \cdot 100\,m + 17Pa + 100Pa\right) \cdot 1,09 \ {}^{m^3}/_{s} = 215\,W}$$

La potencia eléctrica del ventilador dependerá de su rendimiento y curva característica.

Máquinas hidráulicas

Bombas centrífugas y ventiladores son las máquinas de impulsión de fluidos más habituales en edificación- han sido expuestas en el Cuaderno *323.01 Hidráulica y Aeráulica;* aquí se tratará de cómo usar la información de los fabricantes y un ejemplo de selección de cada una de ellas.

Selección de ventilador

1. Se elige el *tipo,* atendiendo, básicamente, a la trayectoria e incremento de presión del aire en él; y por el tipo de accionamiento o conexión con motor
   a. Centrífugos, baja presión, de accionamiento por transmisión en ***climatización***. Recomendado para grandes caudales a baja velocidad

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compati las de la instalación.

Modelo	Velocidad (r.p.m.)	Potencia absorbida máxima (W)	Intensidad absorbida máxima (A)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel de presión sonora (dB(A)) a 1,5 m		
					Descarga	Aspiración	Radiado
4 POLOS							
CHAT/4-400	1415	0,75	2	4.200	58	63	53
CHAT/4-500	1435	1,5	3,4	6.200	63	70	58
CHAT/4-560	1475	2,2	4,6	8.800	75	76	60
6 POLOS							
CHAT/6-560	960	1,1	3	5.700	65	67	53
CHAT/6-630	975	1,5	3,7	10.000	69	70	53
CHAT/6-710	965	2,2	5,2	14.000	73	74	58
CHAT/6-800	975	4	8,8	17.100	76	78	60
4/8 POLOS - 2 VELOCIDADES							
CHAT/4/8-400	1420/710	0,8/0,2	2,2/0,85	4.200	58	63	53
CHAT/4/8-500	1430/715	1,5/0,25	3,75/1,15	6.200	63	70	58
CHAT/4/8-560	1430/715	2,2/0,37	5,1/1,6	8.800	75	76	60



   b. Axiales, de baja o media presión y accionamiento directo en ***extracción.*** Recomendado para casi cualquier gama de caudal, presión o velocidad



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

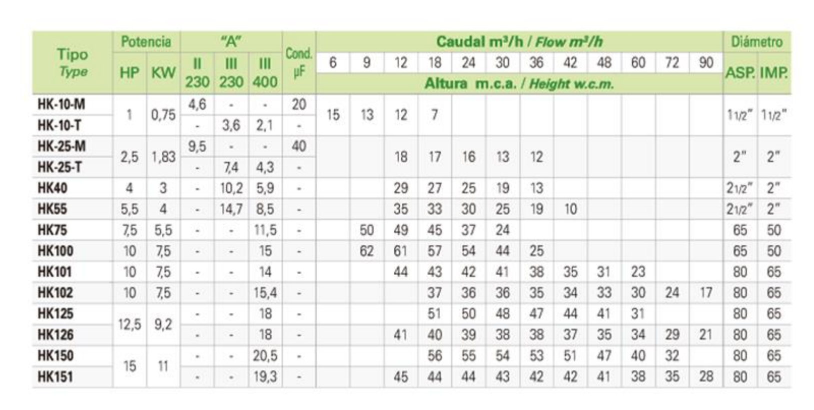
Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga libre m³/hr / CFM	Presión sonora dB(A)*	Peso apróx. Kg
HEP 400	1750	1/4	208-230/460	1.17-1.25/0.625	4,230 / 2,488	64	16
HEP 500	1740	1/2	208-230/460	1.75/0.875	7,800 / 4,588	71	19
HEP 630	1730	3/4	208-230/460	2.42-2.32/1.16	11,320 / 6,659	75	20

*Nivel sonoro medido de acuerdo a las normas AMCA 300/05 y 301/05

2. Elegido el tipo se selecciona el ventilador que cumpla las condiciones de cálculo en: *caudal, nivel sonoro, potencia absorbida y dimensiones tanto volumétricas como de conexión a conducto*

Selección de bomba

1. En edificación prácticamente todas las bombas utilizadas son centrífugas; con el posible complemento de ***un variador de frecuencia[5].***
    a. Se elige en función de los valores calculados de: caudal y presión necesarios y normativos para la instalación



Tipo *Type*	Potencia HP	Potencia KW	"A" II 230	"A" III 230	"A" III 400	Cond. µF	Caudal m³/h / *Flow m³/h* 6	9	12	18	24	30	36	42	48	60	72	90	Diámetro ASP.	Diámetro IMP.
							Altura m.c.a. / *Height w.c.m.*													
HK-10-M	1	0,75	4,6	-	-	20	15	13	12	7									1 1/2"	1 1/2"
HK-10-T			-	3,6	2,1	-														
HK-25-M	2,5	1,83	9,5	-	-	40			18	17	16	13	12						2"	2"
HK-25-T			-	7,4	4,3	-														
HK40	4	3	-	10,2	5,9	-			29	27	25	19	13						2 1/2"	2"
HK55	5,5	4	-	14,7	8,5	-			35	33	30	25	19	10					2 1/2"	2"
HK75	7,5	5,5	-	-	11,5	-		50	49	45	37	24							65	50
HK100	10	7,5	-	-	15	-		62	61	57	54	44	25						65	50
HK101	10	7,5	-	-	14	-			44	43	42	41	38	35	31	23			80	65
HK102	10	7,5	-	-	15,4	-				37	36	36	35	34	33	30	24	17	80	65
HK125	12,5	9,2	-	-	18	-				51	50	48	47	44	41	31			80	65
HK126			-	-	18	-			41	40	39	38	38	37	35	34	29	21	80	65
HK150	15	11	-	-	20,5	-				56	55	54	53	51	47	40	32		80	65
HK151			-	-	19,3	-			45	44	44	43	42	42	41	38	35	28	80	65



Tabla de catálogo de bombas SACI

Selección de grupo de presión,

1. Convencional, *grupo de bombas* con *depósito de almacenamiento a presión.*
   Dos o más bombas suministran agua a un depósito a presión desde donde se alimenta la instalación.
   La presión en el depósito se mantiene en un rango que evita que las bombas estén continuamente arrancando y parando para atender la demanda.
   Las bombas arrancan cuando la presión mínima en el depósito llegue a la presión mínima normativamente calculada y paran al llegar a la máxima.

2. A presión variable, en realidad *grupos de bombas* con *variador de frecuencia*



Pot. HP	Alimentacion Entrada Equipo	Caudal m³/h 2 bombas / *Flow m³/h 2 pumps* 3	6	9	12	18	24	30	36	42	Diámetro ASP.	Diámetro IMP.
		Caudal m³/h 1 bomba / *Flow m³/h 1 pump* 1,5	3	4,5	6	9	12	15	18	21		
		Altura m.c.a. / *Height w.c.m.*										
2 x 2	230 V Mono	35	34	33	32	30	28	24	19	12	1 1/2"	2 1/2"
2 x 3	230 V Mono	46	45	44	43	40	36	31	24	14	1 1/2"	2 1/2"
2 x 4	400 V Trif	58	57	55	54	50	46	40	31	18	1 1/2"	2 1/2"
2 x 4	400 V Trif	70	69	67	65	61	56	49	37	23	1 1/2"	2 1/2"
2 x 5,5	400 V Trif	82	81	79	77	71	65	57	45	28	1 1/2"	2 1/2"

[5] La función de este elemento –cada vez más habitualmente usado- es modificar continuamente la potencia eléctrica del motor según varia la demanda en la instalación; de forma que la bomba varía moduladamente el caudal impulsado mejorando notablemente rendimiento, consumo y vida útil del equipo.

Las *Unidades de Tratamiento de Aire, UTA´s* son máquinas mixtas -no sólo hidráulicas- ya que deben de acondicionar higrotérmicamente el aire a la vez que lo impulsan. Son máquinas multimodulares de gran tamaño, que puede ensamblarse de diferentes formas; su cálculo y especificación se expone en este cuaderno más adelante.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

La energía necesaria para neutralizar las pérdidas y las ganancias de calor del edificio -para *calefacción o refrigeración* del edificio- pueden ser producidas a partir de:

- Energía eléctrica (efecto Joule, ciclos de compresión)
- Energías convencionales (hidrocarburos, calor residual de ciclos combinados)
- Energías alternativas (solar, biomasa, eólica…)

Los fenómenos que realmente se producen son:

- *Emisión de calor* ***por efecto Joule*** al hacer pasar una corriente eléctrica por un conductor[6].
- *Emisión de calor por oxidación**, combustión*** de un material orgánico
- *Emisión/captación de calor* ***por la compresión y transporte*** de un fluido que se mueve, en un circuito cerrado, a caballo entre dos sistemas estancos
- *Captación y almacenamiento (o uso) de calor* ***desde una fuente gratuita inagotable***

Nuestro interés -para los cursos a los que este Cuaderno da soporte- se limita a las máquinas térmicas que:

- transforman energía química durante la combustión: **calderas**
- consumen energía eléctrica para comprimir fluidos refrigerantes: **máquinas frigoríficas por compresión**

No se tratará aquí, aunque son de gran interes, de generadores de energía como: pilas de hidrógeno, máquinas frigoríficas de absorción, microturbinas, trigeneración… porque nuestro interés está centrado, en una primera etapa, en los generadores que emplean tecnologías contrastadas, que no requieren mantenimientos especializados y que, actualmente, se instalan en la mayor parte de los edificios construidos.

Máquinas térmicas

De ***calderas y máquinas frigoríficas*** interesa -para su caracterización y para la selección de los equipos de la industria - sobre todo el ***consumo y el rendimiento***.

Hasta hace poco tiempo, rendimiento y consumo se referian a valores instantáneos: potencia. Actualmente, el interés se centra en el consumo de energía a lo largo de un periodo completo de tiempo: estacionalidad. En nuestro clima, y en cualquier otro, las

[6] Equivalencia 1 cal = 4,18 J

condiciones de uso varian en el tiempo, no solo en ciclos diarios sino por estaciones, y como los equipos e instalaciones deben de estar, siempre, en condiciones de uso inmediato, nos interesan los consumos y rendimientos ***estacionales*** que son los, realmente, suceptibles de comparar.

Debemos referirnos -en el cálculo y análisis de los rendimientos- a los consumos de energía primaria… esto es: *considerar la totalidad de la energía empleada en producir la energía que es consumida en la máquina térmica*. Debe incluir todos los gastos energéticos de todos los procesos involucrados, tanto en la producción de la energía útil que finalmente se transfiere en los emisores, como los gastos o pérdidas en transporte de energía.

Se deberán tener presente conceptos tales como:

Poder calorífico superior e inferior de los combustibles: la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa de combustible.

Equivalencia energética del efecto Joule

Potencia consumida, potencia necesaria y potencia útil de las máquinas

- **Potencia Útil:** la potencia calorífica que tiene el agua a la salida de la caldera; es la energía instantánea que, por la combustión, se transmite agua:
$$\boldsymbol{\Phi_{útil} = Q_{agua} \cdot \rho_{agua} \cdot c_{pa} \cdot \Delta T_{s-e}}$$
- **Potencia Necesaria:** la potencia que se ha tenido que generar en la caldera para que el agua transporte la energía útil anterior $\boldsymbol{\Phi_{nec} = \Phi_{útil} - \Phi_{pérdidas}}$
Las pérdidas se producen, por transferencia, a través del cuerpo de la caldera y por la evacuación de humos y vapor de agua, residuos de la combustión.
- **Potencia consumida:** del combustible consumido $\boldsymbol{\Phi_{cons} = Q_{comb} \cdot \rho_{comb} \cdot PCI}$

Disponibilidad de servicio, consumo instantáneo de energía

- **Energía estacional, *consumida durante un año o estación***
  - $\boldsymbol{E_{cons-estac} = E_{comb-PCI} - E_{pérd} - E_{disposición\ servicio}}$
  - $\boldsymbol{E_{útil-estac} = V_{agua-anual} \cdot \rho_{fluido} \cdot C_{pa} \cdot \Delta T_{agua}}$

    $V \cdot I \cdot t_{año}$

    $Q_{anual-comb} \cdot \rho_{comb} \cdot PCI$
  -

Rendimiento instantáneo y rendimiento estacional

- **Rendimiento:** relación entre *potencias* (energía instantánea) $\eta = \frac{\Phi_{útil-instant}}{\Phi_{prod-instant}}$
- **Rendimiento estacional de una caldera**. Es la relación entre el calor útil transmitido

El calor útil transmitido al agua durante todo el invierno y el calor generado por

combustión (a ***PCI***) en el mismo periodo (es un dato directo que debe aportar el fabricante)

$$\eta = \frac{V_{comb} \cdot \rho_{comb} \cdot PCS - E_{pérdidas} - E_{disposición-servicio}}{V_{anual-comb} \cdot \rho_{comb} \cdot PCI}$$

$$\eta = \frac{V_{anual-fluido} \cdot \rho_{fluido} \cdot Cpa \cdot \Delta t_{fluido}}{V_{anual-comb} \cdot \rho_{comb} \cdot PCI}$$

El rendimiento estacional de la instalación de calefacción debe de tener en cuenta la energía consumida en producir, por ejemplo, el gasóleo y en transportarlo hasta el edificio; esto debemos considerarlo cuando se analizan medidas de ahorro energético en edificación.

Calderas

En Edificación usamos equipos limitados a alcanzar 90º C como máximo para evitar daños a las personas y a las instalaciones, son más calentadores de agua que no calderas. Esto se hace más evidente cuando utilizamos calderas de condensación o de baja temperatura.

De las variadas clasificaciones que se pueden hacer de las calderas, nos interesa considerar las que realiza el CTE atendiendo a la temperatura de servicio: **estándar, de baja temperatura y de condensación**.

Las temperaturas y aplicaciones más recomendables se indican a continuación:

Según caldera	**Estándar**	**Baja temperatura**	**Condensación**
Temp. de ida (ºC)	70 - 85	55 - 60	55 -60
Temp. de retorno (ºC)	55 - 70	45 -50	45 -50
Rendimiento (%)	90 – 95 %	95 -98 %	105 – 110 %
Uso preferente	radiadores	fan-coils	Suelo radiante
Uso aceptable	fan-coils	Suelo radiante	Fan-coils
Uso desaconsejado	suelo radiante	radiadores	radiadores

Selección de Caldera

Caldera y emisores, es una decisión asociada que determina el uso y servicio de la instalación. En instalaciones colectivas el número de calderas depende de lo dispuesto en el RITE para el *fraccionamiento de potencia.*

La selección se debe de hacer en función de:

- *potencia útil* (suficiente para atender a la instalación de calefación y al abastecimiento del agua caliente sanitaria)
- *rendimiento estacional*

Posición de la caldera en el edificio:

La caldera suele ser situada en planta sótano o en cubierta, en planta sótano cuando el combustible es líquido o sólido y, en cubierta, cuando el combustible es gas. Si se hace de forma inversa habrá que considerar la servidumbre y dificultad que supone el depósito de combustible, cuando es sólido o líquido, y el riesgo que supone que la densidad del gas sea mayor que la del aire cuando se instala en sótano.

- De gas: en cubierta, si $\rho_{gas} < \rho_{aire}$, (instalación IRG)
- " : en planta baja o semi-sótano, muy ventiladas, si $\rho_{gas} > \rho_{aire}$ (IRG)
- De gasóleo: en planta sótano (depósito enterrado próximo al equipo)
- " : depósito diario en cubierta y de instalación en cota 0

Elementos asociados indispensables

- **Chimenea,** UNE-EN 1856UNE-EN 123001 Y CÁLCULOS UNE-EN 13384**:** vertical, recta, sin quiebros, sin sombra eólica sobre su salida.
- **Depósito de combustible:** enterrado/aéreo con capacidad para un mes

  Si su capacidad es mayor que la indicada en el cuadro se requiere proyecto específico de Depósitos separados

Tipo de producto	Disposición de almacenamiento	
	interior	exterior
Clase B	≤ 300 lts.	≤ 500 lts.
Clases C y D	≤ 3.000 lts.	≤ 5.000 lts.

  Normativa: UNE 109501, UNE 109502, UNE 62350-1, UNE 62351-1 o UNE-EN 976

- **Instalación receptora de gas, IRG:** con proyecto separado, específico y acorde al Reglamento de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos (RTDUGC). R.D 919/2006 de 28de Julio y UNE 60670-2005
- **Vaso de expansión:** proporcional al volumen de agua de la instalación. Se calcula según: UNE 100.155: 2004

Máquinas frigoríficas

Entendiendo que en el Cuaderno *391.01: Máquinas y Sistemas Frigoríficos*, se han expuesto suficientemente los aspectos más relevantes de estos equipos, de cómo *(sic.):*

La necesidad de disponer de entornos donde las personas experimenten bienestar térmico, ha impulsado el desarrollo de dispositivos que nos permiten "fabricar ambientes" en el interior de los edificios, en los que las temperaturas son continuamente menores que en el exterior. Estos dispositivos, máquinas frigoríficas, son capaces de transportar calor de un sistema ¡a otro más caliente! consumiendo necesariamente trabajo (o calor) aportado desde el exterior del sistema.

Se trata ahora de atender los equipos auxiliares a la produción de frío, especialmente, aproximándonos al cálculo y dimensionamiento de las UTAs.

Equipos auxiliares de las máquinas térmicas

- **Depósito de inercia:** acumulador de agua que es recomendable por eficiencia energética. Su función múltiple, aplana los picos de demanda y disminuye la frecuencia de encendido y arranque del equipo. Se dimensionan evaluando coste/beneficio; especialmente convenientes para enfriadoras de agua.
- **Torres de refrigeración** son los condensadores indirectos de las grandes instalaciones de refrigeración; en ellas se enfria el agua utilizada en la condensación del refrigerante de un ciclo de compresión.
  Involucra bombas, ventiladores**,** dispersores de agua... realmente especializados como para que sea útil discutirlos aquí; valdrá para nuestros propósitos seleccionarlos en función de la potencia del grupo frigorífico que tienen que servir. Así seleccionado tendremos una muy buena aproximación a las variables que son de nuestro interés: dimensiones, peso, caudal de agua que consume por evaporación, prevención de legionella…
- **Intercambiadores de placas, tubulares,…**

Unidad de Tratamiento de Aire (U.T.A.) UNE-EN 13053: 2007

Las UTA tienen por misión:

- Prioritariamente, **VENTILAR:** *renovar el aire interior de los recintos de los edificios introduciendo aire de calidad adecuada a la actividad que se realiza, extrayendo el aire viciado que será expulsado al exterior en condiciones inocuas (sin contenidos nocivos).*
- Secundariamente, **ACONDICIONAR HIGROTÉRMICAMENTE EL AIRE IMPULSADO:** *calentar o enfriar, humedecer o secar, el aire que impulsa a los recintos.*
- Complementariamente, **AHORRAR ENERGÍA:** *recuperando la energía que contiene el aire que se expulsa y, además, produciendo el enfriamiento gratuito del edificio cuando las condiciones climáticas lo permitan.*

Siendo la UTA uno de los componentes de cualquier sistema de Climatización su función, en cada uno de ellos, será:

- En los sistemas TODO AIRE: **ventilar, ahorrar energía y acondicionar higrotérmicamente el aire para que, éste, transporte toda la energía requerida en la climatización.**
- En los MIXTOS: **ventilar, ahorrar energía y acondicionar higrotérmicamente el aire introducido, que en este caso no cubrirá toda la demanda energética:**
  - Con AIRE PRIMARIO**: *manejando estrictamente el caudal de ventilación***, que se acondiciona higrotérmicamente a criterio del proyectista

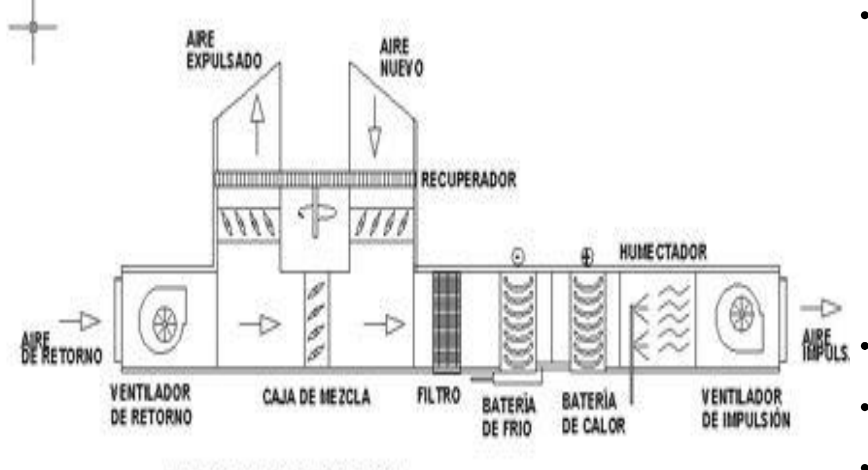
- Con AIRE DE MEZCLA: ***añadiendo aire recirculado al de ventilación*** para atender zonas climáticamente expuestas

Operación de la unidad de tratamiento de aire

El proceso de acondicionamiento lo realiza la UTA mediante las siguientes operaciones:

- **Extrae** aire del local, que habrá ganado temperatura y humedad al compensar las cargas térmicas del recinto; una parte de este aire será *expulsada* al exterior *reutilizando el resto* -retornando al recinto- si sus condiciones de limpieza son adecuadas. El *aire extraído del local* será igual a la suma de *aire expulsado* más *aire retornado.*
- **Recupera** parte de la energía que lleva el aire *expulsado* y la transfiere al aire exterior que **introduce**, salubre, para la ventilación del local: *aire de ventilación.*
- **Mezcla** el *aire de ventilación* (exterior) con el *aire retornado* (del recinto).
- **Acondiciona higrotérmicamente,** enfriando el *aire de mezcla* hasta una temperatura que compense la ganancia de calor sensible en el interior y con una humedad relativa que equilibre el vapor de agua aportado por ocupantes y equipos, de forma que se mantenga la humedad relativa H_R.

  La batería donde se enfría el aire de mezcla estará a una temperatura coincidente con la temperatura de saturación del aire de mezcla.
- **Impulsa** el aire -así enfriado y deshumedecido, *aire de climatización-* en el recinto para que con su difusión –y por las condiciones de temperatura, humedad y salubridad alcanzadas- se consiga el bienestar de los ocupantes.



- **Ventiladores, *centrífugos o lineales*,** es conveniente disponerlos tanto para forzar la impulsión como el retorno,
- **Recuperador,** obligatorio para instalaciones de más de 0,5 m^3/s y/o 1.000 h de funcionamiento, transfiere la energía que lleva el aire expulsado al aire introducido para ventilar.
- **Caja de mezcla**
- **Filtros** de carbono, celulosa,…
- **Baterías,** serpentines aleteados con finas lamas que aumentan la superficie de transferencia
- **Humectadores,** que controlan humedad relativa y producen enfriamiento entálpico

Parámetros de diseño de la UTA

PARÁMETROS CONOCIDOS	PARÁMETROS A CALCULAR
Temperatura ambiente exterior: T_E	Factor de calor sensible: f= Φ_S / (Φ_S + Φ_L)
Humedad relativa ambiente exterior: H_{Re}	Temperatura del aire exterior de ventilación: T_V
Temperatura seca de confort del local: T_L	Temperatura de rocío de la UTA: T_B
Humedad relativa del local: H_{RL}	Temperatura del aire de impulsión: T_I
PARÁMETROS A DETERMINAR	Temperatura del aire de entrada en la UTA: T_M
Caudal de ventilación. Q_V	Caudal de aire de impulsión: $Q_I = Q_M$
Carga sensible del local. Φ_S	Potencia frigorífica de la UTA: Φ_{FR}
Carga latente del local. Φ_L	
Factor de bypass de la batería. F_B	

A determinar

- **Caudal de ventilación, Q_V**, aire exterior necesario para la ventilación del local según criterios de uso y ocupación (CTE):

$$Q_{vivienda} = N_{personas} \cdot \frac{Tasa}{personas}$$

$$Q_{noresiden} = N_{personas} \cdot Tasa_{según\ IDA}$$

- **Ganancia de Calor Sensible,** por los aportes de energía recibidos a través de *los cerramientos, el caudal de ventilación, personas, iluminación y equipos*. Se mide, directamente, en función del incremento de la temperatura

$$\Phi_{Se} = \Sigma\Phi_S + Q_E \cdot C_{pa} \cdot \rho \cdot [T_E - T_L]$$

- **Carga Latente**, debido al *vapor de agua* que: *el aire de ventilación introducido y las personas,* aportan al local. Se mide en función del aumento de la razón de mezcla.

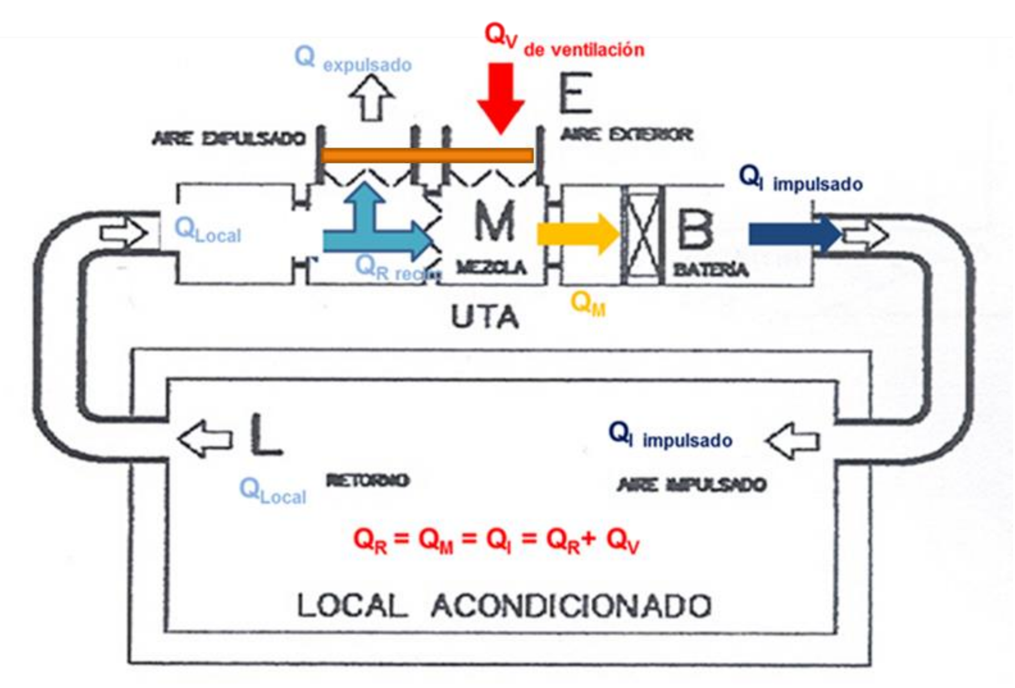
$$\Phi_{Le} = \Sigma\Phi_L + Q_E \cdot L_O \cdot \rho \cdot F_B[w_E - w_L]$$

Las cargas están ***absolutamente determinadas por la envolvente*** y serán máximas cuando la ocupación del local lo sea, y cuando el ambiente exterior esté en condiciones extremas de humedad y calor –máxima entalpía-.
Estas condiciones extremas se asumen para proyectar y dimensionar, *sobredimensionada,* la UTA.

- **Factor de bypass de la batería.** F_B, del fabricante.

Cálculo de la UTA en tiempo cálido

Las UTAs van a prestar servicio tanto en temporada de invierno como de verano, pero siendo ésta la estación en la que -por consideraciones de humedad- será más elaborado el cálculo se detallan los pasos metodológicos que se deben de dar para su especificación.



Los caudales que entran y salen de la máquina son:

- **Caudal de aire *retornado del local,*** Q_L, que al entrar en la **UTA** se separa en:
    - Q_E, aire ***expulsado*** igual en cantidad al Q_V, que ***entra***
    - Q_R, aire ***recirculado*** del local que se mezcla con el Q_V, de ventilación
- **Caudal de mezcla,** Q_M**,** en el interior de la UTA:
    - $Q_M = Q_R + Q_V$ con temperatura $T_M = (Q_V / Q_M) \cdot (T_V - T_L) + T_L$
- **Caudal de impulsión,** Q_I: estará compuesto por:
    - $Q_M (1-F_B)$**,** parte del caudal de *aire de mezcla* que se enfría al pasar por la batería (se habrá enfriado hasta la T_B de la batería)

- $Q_M \cdot F_B$, y parte que <u>pasa *sin enfriarse*</u>*:* (estará a la temperatura de mezcla T_M)
- *La suma de los dos anteriores es:* <u>Q_M que necesariamente es igual a Q_I</u>
- La temperatura del aire impulsado, T_I, será**:** $T_I = F_B (T_M - T_B) + T_B$

<u>Las temperaturas del aire en cada zona y caudal:</u>

- **Temperatura de la batería de frío, T_B**, de la mayor importancia; determina el funcionamiento de la UTA y la potencia de la máquina frigorífica que la sirve. *Estará a la temperatura de saturación del aire* de manera que:
  - disminuya la temperatura seca del aire de mezcla
  - condense el vapor de agua del aire de mezcla para que compense las ganancias de humedad en el local y el aire de ventilación

  La parte del aire de mezcla que al pasar por ella se enfría es: $Q_M (1-F_B)$, y la otra parte no se enfría: $Q_M . F_B$
- **Temperatura de mezcla,** del aire de ventilación, T_V con el aire del local, T_L debe de ser proporcional a los caudales de mezcla: $T_M = (Q_V / Q_M) \cdot (T_V - T_L) + T_L$
- **Temperatura de impulsión,** debe de ser proporcional a los caudales de aire que al pasar por la batería se enfrían con los que al mismo tiempo pasan sin enfriarse: $T_I = F_B (T_M - T_B) + T_B$

<u>La potencia de la máquina frigorífica asociada a la UTA</u>

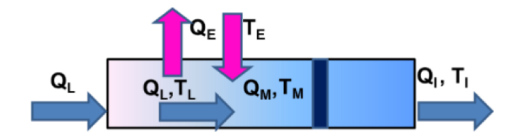
- **Potencia frigorífica intercambiada en la batería de frío,** es determinante en la selección de la máquina frigorífica:
  - $\Phi_{FRIG} = Q_I \cdot \rho \cdot (h_M - h_I)$

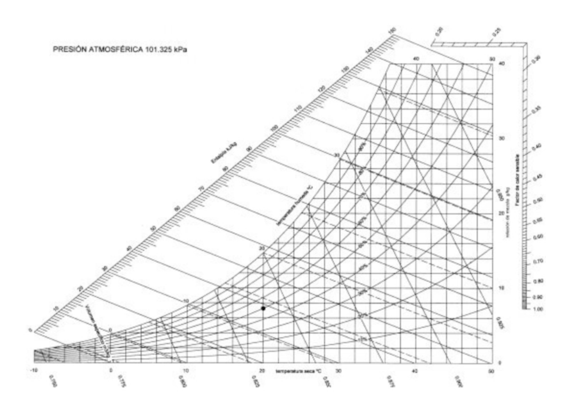
<u>El caudal que el local requiere para su climatización</u>

- **Caudal de impulsión**
  - $Q_I = \Phi_{sens} / C_{pa} \cdot \rho \cdot [1 - F_B] \cdot [T_L - T_B]$
  - $Q_I = \Phi_{sens} / C_{pa} \cdot \rho \cdot [T_L - T_I]$
- **Caudal Expulsado ≡ Caudal de Ventilación**
- **Caudal retornado del Local ≡ Caudal Impulsado**

Procedimiento de cálculo

El procedimiento se apoya en la carta psicrométrica, para identificar las variaciones que experimentan los caudales de aire que son manejados por la máquina.





Con los datos de situación: *clima, confort y ganancias* debemos determinar la máquina: *caudal de ventiladores, energía salvada por el recuperador, potencia y temperatura de las baterías, filtros y humificadores.*

Antes de ningún cálculo para la UTA, necesitaremos conocer directamente del proyecto: *condiciones de clima y confort, y ganancias* $(\boldsymbol{\Phi_{Se}}\ \boldsymbol{y}\ \boldsymbol{\Phi_{Le}})$**.** Con ellos se calculan sobre el diagrama psicrométrico -teniendo en cuenta la ocupación y uso del edificio- las transformaciones que sufre el aire en el interior de la UTA.

TRAZADOS EN DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

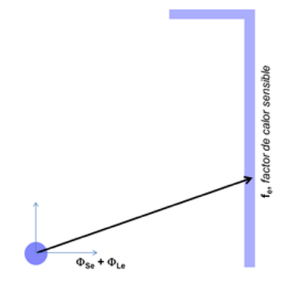
a. **Recta de mezcla,** indica todas las condiciones posibles del aire de mezcla -por ventilación y recirculación- en la UTA. Une los puntos **E** y **L,** condiciones exteriores y condiciones del local. Sobre ella se encontrará el punto de mezcla, **M**

$$\boldsymbol{T_M = \left({Q_V}/{Q_M}\right) \cdot (T_E - T_L) + T_L}$$

b. **Recta del factor de calor sensible** indica cómo gana calor el recinto ocupado, qué relación hay entre el calor sensible y el calor latente ganado.

Conocidos $\mathbf{Q_V}$**,** $\mathbf{\Phi_S}$**,** $\mathbf{\Phi_L}$ se calcula*,* $\boldsymbol{f_e}$*, factor de calor sensible según:* $\boldsymbol{f_e = \frac{\Phi_{Se}}{\Phi_{Se}+\Phi_{Le}}}$

Y se marca el valor de $\boldsymbol{f_e}$ en el transportador -acoplado al diagrama psicrométrico- y se une con el polo de dicho transportador.



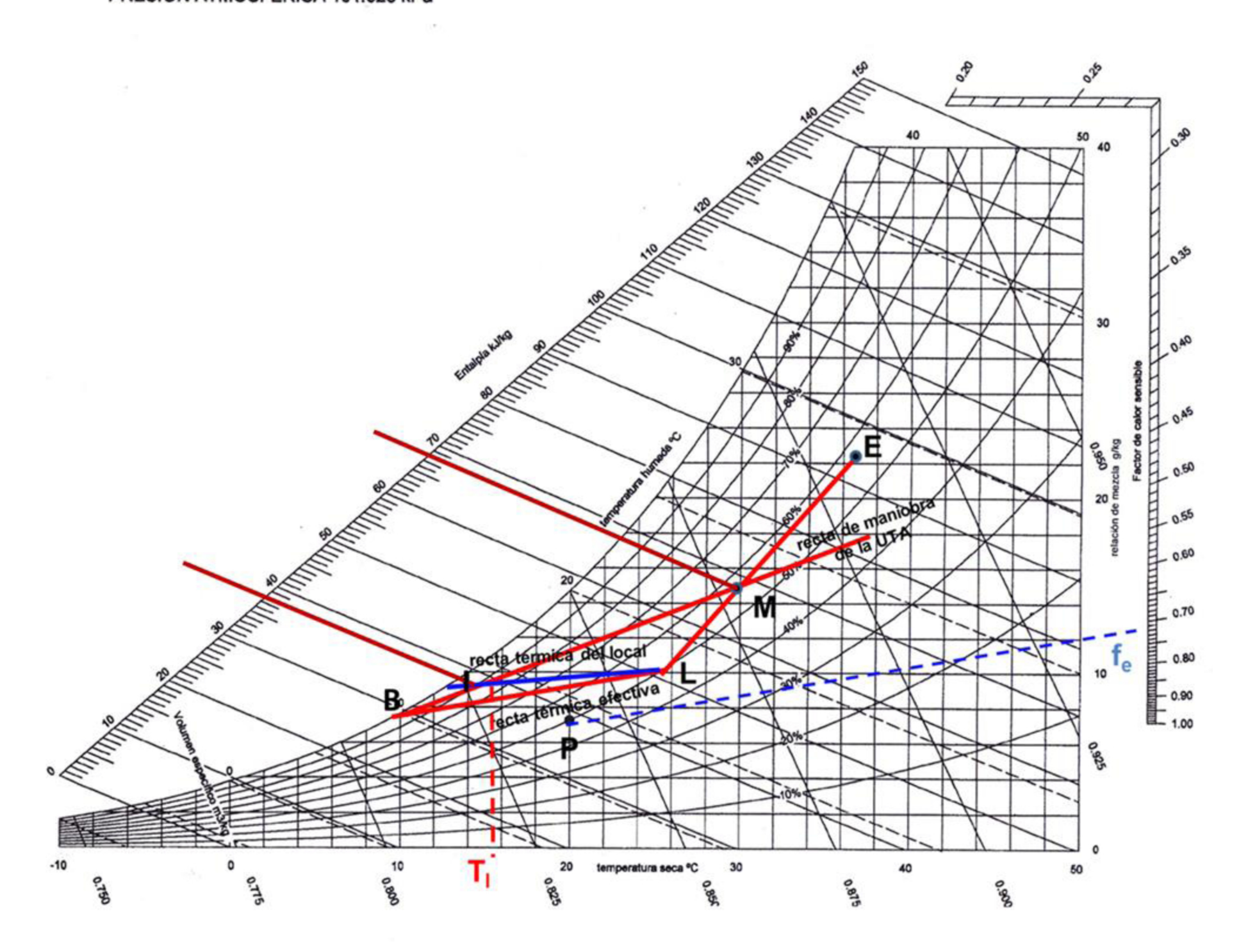
c. **Recta del local, B-L,** se obtiene trazando una recta paralela a la anterior que pase por, **L**, punto de confort del local y que se prolongue hasta cortar la curva de saturación del aire, en un punto que llamaremos **B** (temperatura a la que trabaja la batería de frío). Representa todos los posibles estados del aire del local según gana energía y, simétricamente, las condiciones posibles del aire a impulsar para compensar estas ganancias.

d. **Recta de maniobra de la UTA**, representa los posibles estados del aire de mezcla según, éste, se va enfriando al pasar por un intercambiador que está a la temperatura de saturación **B.** Se traza con una recta que una **M** y **B.**

e. **Punto (condiciones) de impulsión** representa las condiciones puntuales a las que será impulsado el aire de mezcla (que se ha enfriado en la batería que está a temperatura **B**) por una máquina que tiene un **factor de bypass** específico.
Este punto deberá estar sobre l**a recta de maniobra de la UTA** porque mezcla aire enfriado (condiciones de **B**) con aire que pasa sin enfriarse (condiciones **M**), donde corte con $\boldsymbol{T_I = F_B \cdot (T_M - T_B) + T_B}$

f. **Potencia de la batería**, es la potencia frigorífica útil que habrá entregado la máquina frigorífica a la batería para conseguir la climatización con caudal de impulsión, $\mathbf{Q_I}$.
Debe de ser la necesaria para cambiar la energía de este caudal desde la que tiene en el momento de mezclarse a la que tiene cuando sale, impulsada de la UTA. Que será la variación de entalpía que sufre el aire al pasar por la batería:

$$\boldsymbol{\Phi_{FR} = \rho \cdot Q_I \cdot (h_M - h_I)}$$



NOTAS

NOTAS

NOTAS

CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

